

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
21.01.2004 Patentblatt 2004/04

(51) Int Cl.7: **F02M 51/06, F02M 51/08**

(21) Anmeldenummer: **03012488.7**

(22) Anmeldetag: **02.06.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK**

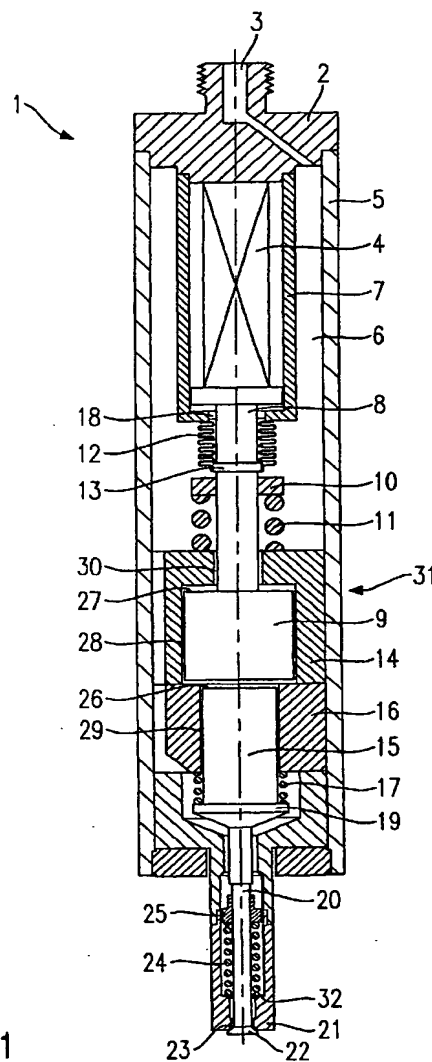
(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**  
**70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder: **Maeurer, Walter**  
**70825 Korntal-Muenchingen (DE)**

(30) Priorität: **16.07.2002 DE 10232193**

**(54) Brennstoffeinspritzventil**

(57) Ein Brennstoffeinspritzventil (1), insbesondere zum direkten Einspritzen von Brennstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine, weist einen piezoelektrischen, elektrostriktiven oder magnetostriktiven Aktor (4), einen mit dem Aktor (4) in Wirkverbindung stehenden Aktorkolben (9), der mit einem ersten Führungsspalt (28) geführt ist, einen mit dem Aktorkolben (9) über ein Druckmedium in Wirkverbindung stehenden Hubkolben (15), der mit einem zweiten Führungsspalt (29) geführt ist, und eine mit dem Hubkolben (15) in Wirkverbindung stehende Ventalnadel (20), die an ihrem abspritzseitigen Ende einen Ventilschließkörper (22) aufweist, der mit einem Ventilsitzkörper (21) einen Dichtsitz bildet, auf. Die Kraftübertragung zwischen Aktorkolben (9) und Hubkolben (15) erfolgt durch einen mit Druckmedium gefüllten, von Aktorkolben (9) und Hubkolben (15) eingeschlossenen, Arbeitsraum (26). Der Aktorkolben (9) weist zumindest eine Stufe (31) auf, die an eine Dämpfungskammer (27) angrenzt, wobei die Dämpfungskammer (27) vom Arbeitsraum (26) räumlich getrennt ist und so gestaltet bzw. angeordnet ist, daß Druckmedium über eine Drosselstelle (30) zufließen bzw. abfließen kann.



**Fig. 1**

**Beschreibung****Stand der Technik**

5 **[0001]** Die Erfindung geht aus von einem Brennstoffeinspritzventil nach der Gattung des Hauptanspruchs.

**[0002]** Beispielsweise ist aus der DE 43 06 072 A1 eine Vorrichtung zum Öffnen und Verschließen einer in einem Gehäuse vorhandenen Durchtrittsöffnung bekannt, welche auch als Brennstoffeinspritzventil verwendet werden kann. Diese Vorrichtung weist einen piezoelektrischen, magnetostriktiven oder elektrostriktiven Aktor und einen mit diesem Aktor in Wirkverbindung stehenden Druckkolben auf, der über eine Hydraulikflüssigkeit auf einen Hubkolben wirkt. Der Hubkolben betätigt den in seiner Verlängerung befindlichen Ventilschließkörper. Durch das Größenverhältnis der Flächen von Hubkolben und Druckkolben, die einer ersten Kammer zugewandt sind, welche mit Hydraulikflüssigkeit gefüllt ist, ist eine Hubübersetzung gegeben. Die mit dem Druckkolben unmittelbar in Kontakt stehende Hydraulikflüssigkeit wird mittels einer O-Ringdichtung gegenüber dem Aktor abgedichtet. Ein definierter Führungsspalt, mit welchem der Hubkolben in einer Führung geführt wird, erlaubt den Austausch von Hydraulikflüssigkeit zwischen der ersten Kammer und einem in einer zweiten Kammer liegenden von einer Membran begrenzten Raum, der zwischen Abspritzöffnung und Hubkolben liegt, wobei die Membran von einem Druck in der zweiten Kammer beaufschlagt werden kann. Es wird ein Ausführungsbeispiel beschrieben, in dem der Austausch zwischen der ersten und zweiten Kammer erfolgt. Der Spalt und ein in der zweiten Kammer befindlicher Druck ist so dimensioniert, daß langsame, aufgrund thermischen Einflusses erfolgende Längenänderungen des Aktors durch Austausch von Hydraulikflüssigkeit durch den Führungsspalt ausgeglichen werden können.

**[0003]** Moderne Brennkraftmaschinen erfordern oftmals eine relativ kurze Ansteuerzeit des Brennstoffeinspritzventils. Die dadurch bedingten steilen Flankenverläufe zur Ansteuerung eines Piezoaktors verursachen im Piezoaktor, insbesondere am Ende der Flanke um das Sollspannungsniveau, relativ hochfrequente unerwünschte Schwingungen, die einem stabilen Betrieb des Brennstoffeinspritzventils insbesondere im Teilhubbetrieb entgegenstehen.

**[0004]** Nachteilig bei dem aus der obengenannten Druckschrift bekannten Brennstoffeinspritzventil ist insbesondere, daß spezielle Maßnahmen bzw. Bauteile zur Unterdrückung von unerwünschten Schwingungen von Teilen des Brennstoffeinspritzventils, die insbesondere durch das Verhalten des Aktors hervorgerufen werden, ganz fehlen und durch die vorhandenen Bauteile nur unzureichend unterdrückt bzw. ausgeglichen werden. So wird ein stabiles Verhalten des Brennstoffeinspritzventils durch den Einsatz bzw. die Ausnutzung von Reibungskräften zwischen den Bestandteilen des Brennstoffeinspritzventils und durch Kräfte von Federelementen nur unzureichend erreicht. Da genannte Kräfte über einen weiten Bereich relativ konstant sind, bedeutet dies, daß bei einer Unterdrückung von unerwünschten Schwingungen die Ventildynamik in gleichem Maße leidet. Die Verwendung von Federkräften oder Gleitreibungskräften sind ungeeignet zur Unterdrückung von hochfrequenten Schwingungen. Sollen beispielsweise die Ansteuerzeiten oder die Sollspannungszeiten (Plateauzeiten) verkürzt werden, müssen, um unerwünschte Schwingungen ausreichend zu bedämpfen, die Federkräfte und Gleitreibungskräfte zwischen den Bauteilen erhöht werden. Wie schon erwähnt, ist dies der Ventildynamik abträglich und erfordert vom Aktor die Überwindung zusätzlicher erhöhter Kräfte. Der Aktor und die mit ihm in Wirkverbindung stehenden Teile sind dadurch erhöht beansprucht. Bei der aus der Druckschrift DE 43 06 072 A1 bekannten Erfindung ist demnach eine Verkürzung von Ansteuerzeiten und Sollspannungszeiten nur in geringen Grenzen möglich, die zudem noch zu Lasten der Lebensdauer des Brennstoffeinspritzventils gehen oder von kostenintensiven Maßnahmen begleitet werden müssen.

**Vorteile der Erfindung**

**[0005]** Das erfindungsgemäße Brennstoffeinspritzventil mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß mechanische Schwingungen im Brennstoffeinspritzventil, insbesondere unerwünschte mechanische Schwingungen des Aktors und durch ihn hervorgerufene unerwünschte Schwingungen in bewegten Teilen des erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils, auf einfache und kostengünstige Art und Weise wirksam gedämpft werden, ohne die Ventildynamik wesentlich zu beeinträchtigen oder Bauteile wesentlich stärker zu beanspruchen. Dadurch ist es möglich, unter Beibehaltung eines stabilen Verhaltens, die Ansteuerzeiten des Aktors deutlich zu verkürzen und somit insbesondere auch einen Teilhubbetrieb des Brennstoffeinspritzventils zu ermöglichen. Auch die Flankenzeiten der Aktorerregung und die Plateauzeiten können verkürzt werden, ohne daß sich die insbesondere vom Aktor erzeugten Schwingungen negativ auf den Betrieb des Brennstoffeinspritzventils auswirken oder die Ventildynamik wesentlich negativ beeinträchtigt wird. Da die Dämpfungswirkung auf hydraulischen Wirkprinzipien beruht, erfolgt sie weitgehend verschleißfrei. Durch Fließbewegungen eines Druckmediums durch eine Drosselstelle ist es insbesondere möglich, eine Dämpfungskraft zu erzielen, die der Geschwindigkeit der Aktorbewegungen proportional ist, sich also wie bei einem linearen Dämpfungsglied verhält. Die Montage wird zudem vereinfacht.

**[0006]** Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterentwicklungen des im Hauptanspruch angegebenen Brennstoffeinspritzventils möglich.

**[0007]** Vorteilhafterweise wird die Drosselstelle durch einen Spalt gebildet der in Zusammenspiel mit einem ersten Führungskörper entweder aus einem verdickten oder verjüngten Teil der Stufe des Aktorkolbens gebildet ist. Dadurch ist es möglich auf konstruktive sowie funktionelle Anforderungen besser einzugehen. Von Vorteil ist außerdem, die Drosselstelle als Bohrung, insbesondere als Laserbohrung herzustellen, da diese besonders genau, schnell und kostengünstig herstellbar ist. Wird Brennstoff als Druckmedium benutzt, so können insbesondere konstruktive Maßnahmen zur Trennung von Brennstoff und Druckmedium entfallen. Weiterhin ist von Vorteil, Brennstoffkanal und Drosselstelle so anzuordnen, daß Brennstoff unmittelbar zwischen ihnen ausgetauscht wird. Dies vermindert den konstruktiven Aufwand.

**[0008]** Zum Ausgleich von temperaturbedingten Längenänderungen des Aktors, kann vorteilhafterweise das erfindungsgemäße Brennstoffeinspritzventil so ausgestaltet sein, daß durch zumindest einen der Führungsspalte von Aktorkolben und Hubkolben Druckmedium dem Arbeitsraum relativ langsam zufließen oder aus ihm entweichen kann.

**[0009]** Vorteilhafterweise wird durch das Größenverhältnis der Flächen der beiden Kolben, die dem Arbeitsraum zugewandt sind, eine Hubübersetzung realisiert. Dadurch kann der normalerweise verhältnismäßig kleine Hub der durch piezoelektrische, magnetostruktive oder elektrostruktive Aktoren möglich ist, vergrößert werden, ohne den Aktor kostenaufwendig lang und dünn herzustellen. Dicke, kurze Aktoren sind im Vergleich zu dünnen, langen Aktoren belastbarer gegenüber mechanischen Einflüssen. Die Realisierung der Hubübersetzung durch zwei Druckkolben mit unterschiedlich großen kraftübertragenden Flächen, die über ein Hydraulikmedium, sonst aber unmittelbar, Kräfte übertragen, hat gegenüber Lösungen, bei welchen Membrane und Kanäle zwischengeschaltet sind, den Vorteil, daß sich die Kompressibilität des Mediums weniger auswirkt. Darüber hinaus neigt die so realisierte, hubübersetzende Kraftübertragung weniger zu Schwingungen. Zwischen Aktor und Ventilbetätigung vergeht weniger Zeit. Das System verhält sich steifer.

**[0010]** Vorteilhaft weitergebildet kann das erfindungsgemäße Brennstoffeinspritzventil außerdem dadurch werden, daß die Kraft eines Federelements mindestens so groß bemessen ist, daß Aktorkolben, Verbindungselement und Aktor in ständiger Anlage gehalten sind. Dadurch werden die entsprechenden Bauteile beim Betrieb des Brennstoffeinspritzventils daran gehindert, den Kontakt untereinander zu verlieren und aufeinander zu prallen. Es kann auf kostenintensive und verschleißanfällige Fügeverbindungen verzichtet werden.

#### Zeichnung

**[0011]** Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Schnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäß ausgestalteten Brennstoffeinspritzventils,

Fig. 2 einen schematischen Schnitt durch ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäß ausgestalteten Brennstoffeinspritzventils und

Fig. 3 einen schematisch dargestellten Teilschnitt des in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiels im Bereich der Stufe und der Dämpfungskammer.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

**[0012]** Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung beispielhaft beschrieben. Übereinstimmende Bauteile sind dabei in allen Figuren mit übereinstimmenden Bezugszeichen versehen.

**[0013]** Ein in Fig. 1 dargestelltes erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils 1 ist in der Form eines Brennstoffeinspritzventils 1 für Brennstoffeinspritzanlagen von gemischverdichtenden, fremdgezündeten Brennkraftmaschinen ausgeführt. Das Brennstoffeinspritzventil 1 eignet sich insbesondere zum direkten Einspritzen von Brennstoff in einen nicht dargestellten Brennraum einer Brennkraftmaschine.

**[0014]** Das Brennstoffeinspritzventil 1 hat einen Gehäusedeckel 2 welcher auf dem abspritzfernen Ende eines Ventilgehäuses 5 hermetisch dichtend sitzt. Über einen Brennstoffanschluß 3 am Gehäusedeckel 2 ist ein Brennstoffkanal 6 mit Brennstoff beaufschlagbar. Der Brennstoffkanal 6 verläuft dabei erst innerhalb des Gehäusedeckels 2 und dann innerhalb des Ventilgehäuses 5, wobei im abspritzfernen, oberen Teil des Brennstoffeinspritzventils 1 ein Aktorgehäuse 7, eine Dichtung 12, ein Ansatzring 10 eines Aktorkolbens 9, der abspritzferne Teil des Aktorkolbens 9 und ein erstes Federelement 11 im Brennstoffkanal 6 von Brennstoff umspült werden. Das Aktorgehäuse 7 ist mit seinem abspritzfernen Ende mit dem Gehäusedeckel 2 hermetisch verbunden.

**[0015]** Ein im Aktorgehäuse 7 befindlicher Aktor 4 ist mit seiner abspritzfernen Seite dem Gehäusedeckel 2 zugeordnet und stützt sich auf diesem ab. Ein Verbindungselement 8 ist mit seinem tellerförmigen abspritzfernen Ende der

abspritznahen Seite des Aktors 4 zugeordnet und greift mit seinem abspritzseitig verjüngten Durchmesserverlauf durch eine Öffnung 18 des Aktorgehäuses 7. Eine Dichtung 12, die in diesem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils 1 wellrohrförmig ausgebildet ist, stellt durch ihre hermetische Befestigung ihrer beiden Enden zum einen an einem abspritzseitig als Ansatzring 13 ausgeformten Teil des Verbindungselements 8 und zum anderen am abspritzseitigen Ende des Aktorgehäuses 7, sicher, daß der unter Druck stehende Brennstoff nicht in das Aktorgehäuse 7 dringen kann und das Verbindungselement 8 den Bewegungen des Aktors 4 bzw. den Bewegungen des Aktorkolbens 9 ungehindert folgen kann.

**[0016]** In diesem Ausführungsbeispiel weist der Aktorkolben 9 eine Stufe 31 auf, die durch seinen abspritzfernen verjüngten Durchmesserverlauf gebildet ist. Der dickere, abspritzseitige Verlauf des Aktorkolbens 9 ist in einem ersten Führungskörper 14 mit einem ersten Führungsspalt 28 geführt. Der abspritzferne, verjüngte Durchmesserverlauf des Aktorkolbens 9 bildet mit dem ersten Führungskörper 14 einen Spalt, der die Drosselstelle 30 bildet, wobei der Führungskörper 14 an dieser Stelle dem verjüngten Durchmesserverlauf des Aktorkolbens 9 folgt, also einen verkleinerten Innendurchmesser aufweist. Die dadurch gebildete Dämpfungskammer 27 dient zur Dämpfung von unerwünschten Schwingungen von Teilen des Brennstoffeinspritzventils, insbesondere zur Dämpfung von Aktorschwingungen in beide Bewegungsrichtungen des Aktors 4 während des Betriebs des Brennstoffeinspritzventils 1. Die Dämpfungseigenschaften werden dabei insbesondere durch die geometrischen Abmessungen des die Drosselstelle 30 bildenden Spaltes und der Dämpfungskammer 27 bestimmt. Der in Abspritzrichtung rechtwinklig verlaufende Abstand zwischen dem verjüngten Durchmesserverlauf des Aktorkolbens 9 und dem an dieser Stelle verkleinerten Innendurchmesser des Führungskörpers 14 ist in aller Regel größer als der entsprechende Abstand, der durch den ersten Führungsspalt 28 gebildet ist.

**[0017]** Der Aktorkolben 9 wird durch das erste Federelement 11, welches in diesem Ausführungsbeispiel als Spiralfeder ausgebildet ist und an einem an dem abspritzfernen verjüngten Durchmesserverlauf des Aktorkolbens 9 angebrachten ersten Ansatzring 10 angreift, gegen die abspritznahe Seite des Verbindungselements 8 bzw. gegen den Aktor 4 vorgespannt, wobei sich das erste Federelement 11 abspritzseitig gegen den ersten Führungskörper 14 stützt. Ein zweiter Führungskörper 16 ist hermetisch mit der abspritzseitigen Seite des ersten Führungskörpers 14 verbunden, wobei ein Hubkolben 15 mit einem zweiten Führungsspalt 29 im zweiten Führungskörper 16 geführt ist. Zwischen den Hubkolben 15 und Aktorkolben 9 befindet sich ein Arbeitsraum 26, welcher durch den ersten Führungskörper 14 und den zweiten Führungskörper 16 begrenzt wird, wobei die beiden Führungsspalte 28, 29 mit jeweils einem Ende in den Arbeitsraum 26 münden. Das zweite Ende des ersten Führungsspaltes 28 mündet in die Dämpfungskammer 27, das zweite Ende des zweiten Führungsspaltes mündet am abspritzseitigen Ende des zweiten Führungskörpers 16 in den Brennstoffkanal 6.

**[0018]** Durch die unterschiedlich großen, dem Arbeitsraum 27 zugewandten Flächen von Aktorkolben 9 und Hubkolben 15 ist eine Hubübersetzung gegeben. Der Brennstoffkanal 6 verläuft im unteren abspritzseitigen Teil des Brennstoffeinspritzventils 1 zuerst zwischen dem Gehäuse 5 und den beiden Führungskörpern 14, 16. Dann passiert und umspült der Brennstoff im Brennstoffkanal 6 den aus dem Führungskörper 16 herausragenden Teil des Hubkolbens 15, einen im Verlauf des Hubkolbens 15 geformten dritten Ansatzring 19, ein zwischen dem dritten Ansatzring und dem abspritzseitigen Ende des zweiten Führungskörpers 16 eingefäßtes zweites Federelement 17, eine mit dem Hubkolben 15 in Wirkverbindung stehende Ventilmadel 20 mit einem vierten Ansatzring 25, ein zwischen dem vierten Ansatzring 25 und einer Schulter 32 eingefäßtes drittes Federelement 24. Schließlich tritt der Brennstoff bei geöffnetem Brennstoffeinspritzventil 1 aus einer Abspritzöffnung 23 zwischen einem Ventilsitzkörper 21 und einem am abspritzseitig Ende der Ventilmadel 20 angeordneten Ventilschließkörper 22 aus. Das zweite Federelement 17 spannt den Hubkolben 15 gegen die abspritzseitig zugeordnete Ventilmadel 20 vor. Das dritte Federelement 24 stützt sich auf der Schulter 32 ab und spannt die Ventilmadel 20 über den mit ihr kraftschlüssig verbundenen vierten Ansatzring 25 gegen den abspritzfernen zugeordneten Hubkolben 15 vor, wobei sich das dritte Federelement an der Schulter 32 abstützt. Die Kraft des dritten Federelements 24 hält den von Ventilschließkörper 22 und Ventilsitzkörper 21 gebildeten Dichtsitz gegen den Brennstoffdruck geschlossen.

**[0019]** Die Funktionsweise des Brennstoffeinspritzventils ist wie folgt:

**[0020]** Der von Ventilschließkörper 22 und Ventilsitzkörper 21 gebildete Dichtsitz ist zunächst geschlossen. Der Aktor 4 ist entladen und die Dämpfungskammer 27 hat ein kleines Volumen. Wird der Aktor 4 nun geladen, dehnt er sich relativ schnell aus und drückt über das Verbindungselement 8 den Aktorkolben 9 in Abspritzrichtung. Dabei muß zum einen die Federkraft des ersten Federelements 11 überwunden werden, zum anderen füllt sich das größer werdende Volumen der Dämpfungskammer 27 mit Brennstoff, welcher durch die Drosselstelle 30 in die Dämpfungskammer 27 strömt. Eine dabei entstehende, der Bewegung des Aktorkolbens 9 entgegengerichtete, Dämpfungskraft ist proportional der Geschwindigkeit des Aktorkolbens 9, verhält sich also wie bei einem linearen Dämpfungsglied. Durch diesen Vorgang werden unerwünschte Schwingungen bedämpft. Der Aktorkolben 9 drückt nun über den mit Brennstoff befüllten Arbeitsraum 26 den Hubkolben 15 in Abspritzrichtung. Da die dem Arbeitsraum 26 zugewandte Fläche des Hubkolbens 15 kleiner ist als die vom Aktorkolben 9 dem Arbeitsraum 26 zugewandte Fläche, erfährt der Hubkolben 15 einen im Vergleich zum Aktorkolben 9 vergrößerten Hub. Die Ventilmadel 20 wird daraufhin entgegen einer Federkraft

des dritten Federelements 24 in Abspritzrichtung bewegt, der Ventilschließkörper 22 hebt vom Ventilsitzkörper 21 ab und der unter Druck stehende Brennstoff wird abgespritzt.

[0021] Wird der Aktor 4 wieder entladen, reduziert sich seine Länge, wobei der Aktorkolben 9 den Bewegungen des Aktors 4 folgt, da er durch das Federelement 11 und über das Verbindungselement 8 in ständiger Wirkverbindung zum Aktor 4 gehalten wird. Durch diese ständige Wirkverbindung und die Dämpfungswirkung der widerstandserzeugenden Vorgänge in der Dämpfungskammer 27 und der Drosselstelle 30 werden unerwünschte Schwingungen, insbesondere des Aktors 4, in beide Bewegungsrichtungen, wirksam bedämpft. Der mit dem Aktorkolben 9 über den Arbeitsraum 26 in Wirkverbindung stehende Hubkolben 15 bewegt sich daraufhin entgegen der Abspritzrichtung, wodurch durch die Federkraft des dritten Federelements 24 die Ventilnadel 20 dem Hubkolben 15 folgt und der am abspritzseitigen Ende der Ventilnadel 20 sitzende Ventilschließkörper 22 die Abspritzöffnung 23 schließt.

[0022] Langsame, thermische bedingte Längenänderungen, insbesondere des Aktors 4, werden durch Aufnahme und Abgabe von Druckmedium, der in diesem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung der Brennstoff ist, zwischen Arbeitsraum 26 und Brennstoffkanal 6 bzw. Dämpfungskammer 27 ausgeglichen. In den kurzen Zeiträumen der Betätigung des Brennstoffeinspritzventils 1 durch Öffnungs- und Schließbewegungen kann zwischen Arbeitsraum 26 und Brennstoffkanal 6 bzw. Dämpfungskammer 27 durch zumindest einen der Führungsspalte 28, 29 nur sehr wenig Druckmedium ausgetauscht werden, wobei das durch die Betätigung ausgetauschte Druckmedium in den Betätigungspausen wieder durch den Brennstoffdruck ausgeglichen wird. Langsam ablaufende Austauschvorgänge von Druckmedium zwischen Arbeitsraum 27 und Brennstoffkanal 6 bzw. Dämpfungskammer 27 werden durch die Führungsspalte 28 und/oder 29 nicht wesentlich behindert, so daß beispielsweise eine thermisch bedingte Längenänderung des Aktors 4 ausgeglichen werden kann.

[0023] In diesem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann der durch die Drosselstelle 30 dargestellte Spalt auch zu Führungsaufgaben verwendet werden.

[0024] Fig. 2 zeigt ein in weiten Teilen dem in Fig. 1 dargestellten ersten Ausführungsbeispiel ähnliches zweites Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel in dem Aktorkolben 9 und Hubkolben 15 in einem mehrteiligen Führungskörper 14, 16 geführt sind, werden Aktorkolben 9 und Hubkolben 15 im zweiten Ausführungsbeispiel in einem einteiligen Führungskörper 14 geführt. Der Aktorkolben 9 ist becherförmig ausgeführt und weist in seinem Durchmesserlauf die Stufe 31 auf, wodurch der Durchmesserlauf entgegen der Abspritzrichtung vergrößert ist. Durch die Stufe 31 und einen im Bereich der Stufe 31 liegenden vergrößerten Innendurchmesser des Führungskörpers 14 wird die Dämpfungskammer 27 gebildet. Das Verbindungselement 8 greift bis zum Boden des becherförmig ausgeführten Aktorkolbens 9 durch, wobei der Boden des Aktorkolbens 9 durch das Federelement 11 gegen das Verbindungselement 8 vorgespannt sind. Das Federelement 11 ist in diesem Ausführungsbeispiel als Rohrfeder ausgeführt und an der innenliegenden Seite des Gehäusedeckels 2 sowie am abspritzfernen Ende des becherförmig ausgeführten Aktorkolbens 9 kraftschlüssig befestigt.

[0025] Anhand von Fig. 3, die einen schematisch dargestellten Teilschnitt des ersten Ausführungsbeispiels im Bereich der Stufe 31 und der Dämpfungskammer 27 zeigt, und den nachfolgenden Beziehungen und Ableitungen wird der proportionale Zusammenhang zwischen Dämpfungskraft und Aktorkolbengeschwindigkeit aufgezeigt.

[0026] Die Ringfläche A des Aktorkolbens 9 an der Dämpfungskammer 27 ist:

$$A = \frac{\pi}{4} (d_a^2 - d_i^2) \quad (1)$$

[0027] Bewegt sich der Aktorkolben 9 um den Aktorkolbenhub  $ds$ , ändert sich das Dämpfungsvolumen  $V$  um:

$$dV = A \cdot ds \quad (2)$$

[0028] Die Aktorkolbengeschwindigkeit  $v$  berechnet sich aus:

$$v = \frac{ds}{dt} \quad (3)$$

[0029] Für ein inkompressibles Druckmedium ergibt sich mit (2) und (3) für den Druckmediumvolumenstrom  $Q$  über die Drosselstelle 30:

$$Q = \frac{dV}{dt} = \frac{A \cdot ds}{dt} = A \cdot v \quad (4)$$

[0030] Im weiteren gilt für den Druckmediumvolumenstrom Q dabei:

$$Q = C \cdot \Delta p \Rightarrow \Delta p = \frac{Q}{C} = \frac{A \cdot v}{C} \quad (5)$$

[0031] Dabei ist C eine Konstante, die von den geometrischen Abmaßen der Ringspalte abhängt und  $\Delta p$  stellt den Druckunterschied dar.

[0032] Mit (5) ergibt sich für die Dämpfungskraft F dadurch:

$$F = A \cdot \Delta p = \frac{A^2}{C} \cdot v \quad (6)$$

oder

$$F \sim v \quad (7)$$

[0033] Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt und kann z. B. auch für nach innen öffnende Brennstoffeinspritzventile verwendet werden.

#### Patentansprüche

1. Brennstoffeinspritzventil (1), insbesondere zum direkten Einspritzen von Brennstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine, mit einem piezoelektrischen, elektrostriktiven oder magnetostruktiven Aktor (4), einem mit dem Aktor (4) in Wirkverbindung stehenden Aktorkolben (9), der mit einem ersten Führungsspalt (28) geführt ist, einem mit dem Aktorkolben (9) über ein Druckmedium in Wirkverbindung stehenden Hubkolben (15), der mit einem zweiten Führungsspalt (29) geführt ist, einer mit dem Hubkolben (15) in Wirkverbindung stehenden Ventalnadel (20), die an ihrem abspritzseitigen Ende einen Ventilschließkörper (22) aufweist, der mit einem Ventilsitzkörper (21) einen Dichtsitz bildet, wobei die Kraftübertragung zwischen Aktorkolben (9) und Hubkolben (15) durch einen mit Druckmedium gefüllten, von Aktorkolben (9) und Hubkolben (15) eingeschlossenen Arbeitsraum (26) erfolgt, **dadurch gekennzeichnet**, **daß** der Aktorkolben (9) zumindest eine Stufe (31) aufweist, die an eine Dämpfungskammer (27) angrenzt, wobei die Dämpfungskammer (27) vom Arbeitsraum (26) räumlich getrennt ist und so gestaltet bzw. angeordnet ist, daß Druckmedium über eine Drosselstelle (30) zufließen bzw. abfließen kann.
2. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **daß** die Drosselstelle (30) durch einen Spalt gebildet ist, der von einem verjüngten Teil der Stufe (31) des Aktorkolbens (9) und einem Führungskörper (14) gebildet ist.
3. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **daß** die Drosselstelle (30) durch einen Spalt gebildet ist, der von einem verdickten Teil der Stufe (31) des Aktorkolbens (9) und einem Führungskörper (14) gebildet ist.
4. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, **daß** der Führungskörper (14) aus mehreren Teilen besteht.
5. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, **daß** die Drosselstelle (30) durch eine Öffnung, insbesondere eine Bohrung oder Laserbohrung, gebildet ist, welche eine strömungsdrosselnde Wirkung aufweist.

6. Brennstoffeinspritzventil nach einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**daß** der Brennstoff als Druckmedium dient.
- 5 7. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**daß** über die Drosselstelle (30) unmittelbar Brennstoff mit einem Brennstoffkanal (6) ausgetauscht wird.
- 10 8. Brennstoffeinspritzventil nach einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**daß** zum Ausgleich von temperaturbedingten Längenänderungen des Aktors (4) durch zumindest einen der Führungsspalte (28,29) Druckmedium aus dem Arbeitsraum (26) fließt oder in den Arbeitsraum (26) fließt.
- 15 9. Brennstoffeinspritzventil nach einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**daß** die Kraft eines Federelements (11) mindestens so groß ist, daß der Aktorkolben (9), ein Verbindungselement (8) und der Aktor (4) in ständiger Anlage gehalten werden.
- 20 10. Brennstoffeinspritzventil nach einem der vorangegangenen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**daß** durch das Verhältnis der Flächen des Aktorkolbens (9) und des Hubkolbens (15) die dem Arbeitsraum (26) zugewandt sind, eine Hubübersetzung gegeben ist.

25

30

35

40

45

50

55

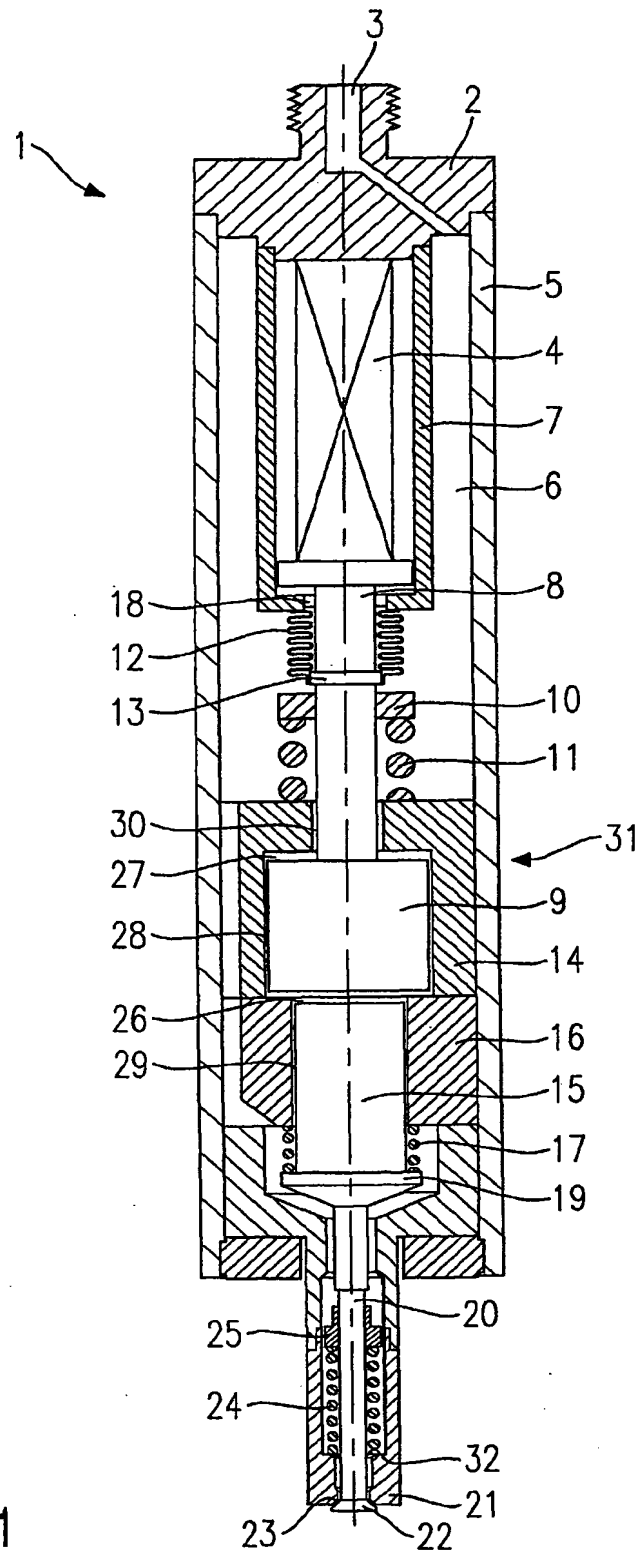


Fig. 1



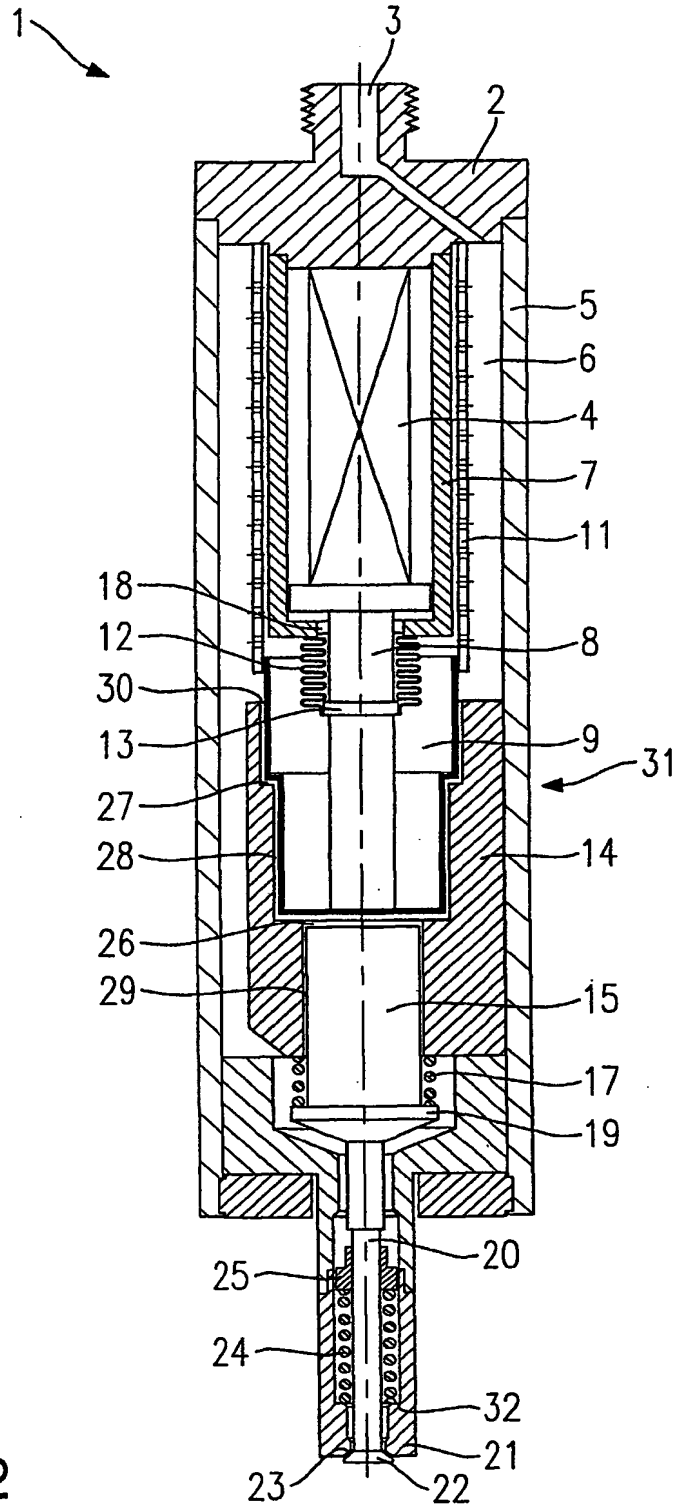


Fig. 2

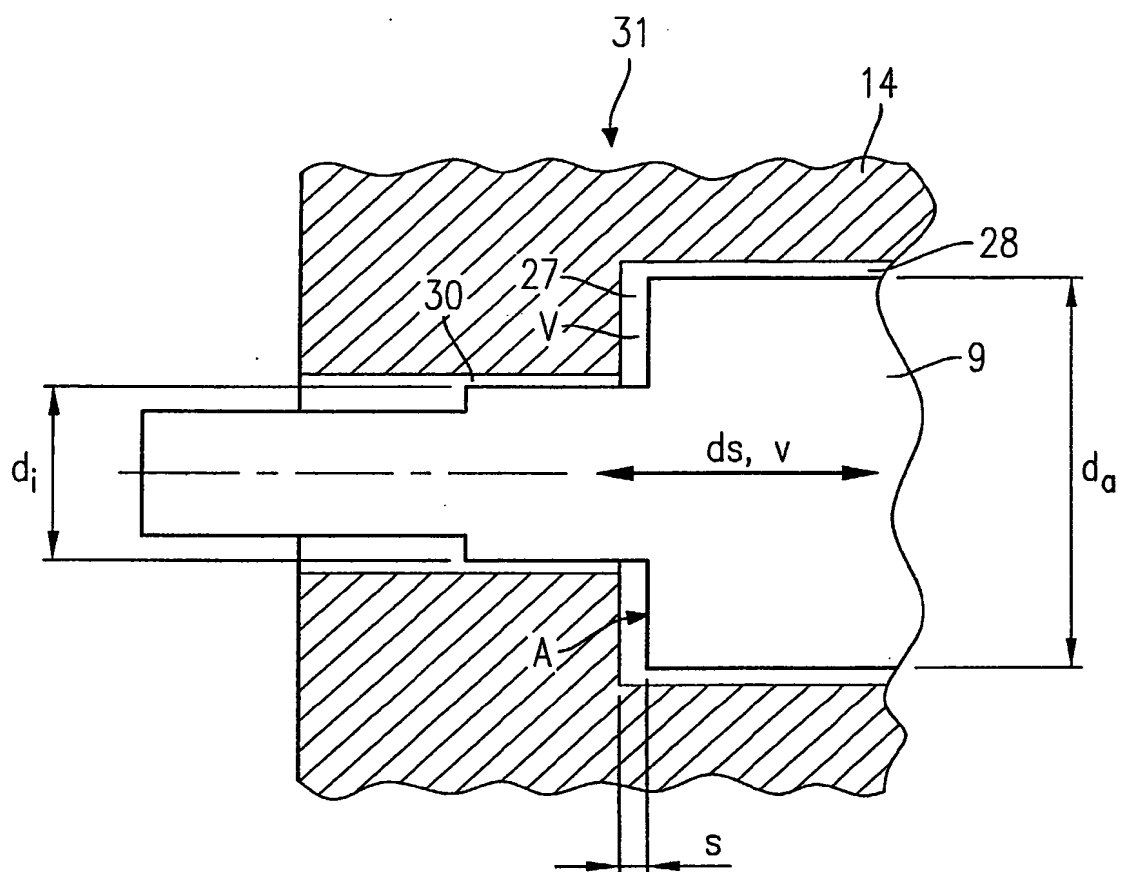


Fig. 3